ROMANIA
RENEL
REGIA AUTONOMA DE ELECTRICITATE

CENTRUL DE FORMARE
PROFESIONALĂ



Vasile TUDORA

PROTECȚIA BLOCURILOR
GENERATOR-TRANSFORMATOR

AMpt6-3

1997

1. Consideraţii generale.

In principiu blocurile generator-transformator se prevăd cu aceleaşi tipuri de protecţii ca şi pentru generatoarele şi transformatoarele racordate la bare colectoare, apărând însă unele particularităţi datorită cuplajului magnetic dintre generator şi reţeaua electrică, precum şi faptului că unele protecţii se realizează comune pentru întregul bloc, întrucât în schema bloc generatorul şi transformatorul formează un singur element.

Soluţiile adoptate pentru unele protecţii depind de schema de conexiuni a blocului; cele mai folosite scheme de conexiuni ale blocurilor generator - transformator (respectiv generator-autotransformator) sunt prezentate în figura 1.

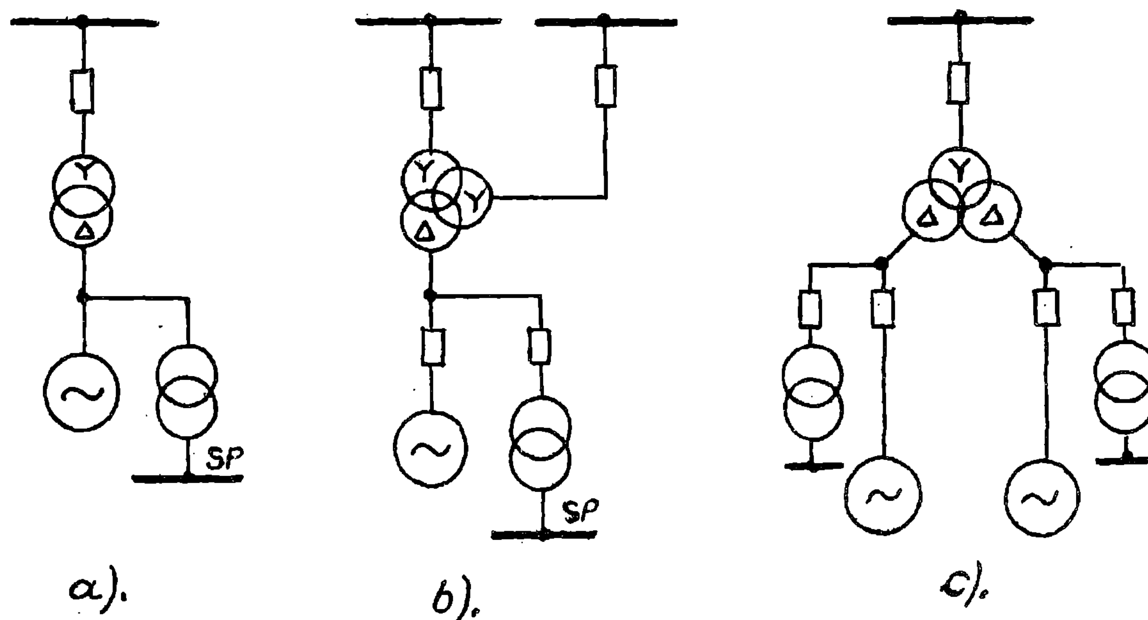


Figura 1

Blocurile se prevăd cu următoarele protecţii:

- protecţii maximale de curent împotriva suprasarcinilor şi a scurtcircuitelor exterioare;
- protecţii diferenţiale longitudinale împotriva defectelor între faze;
- protecţii împotriva punerilor la pământ pe partea generatorului;
- protecţii de gaze;
- protecţii împotriva scurtcircuitelor monofazate, atunci când blocul debitează pe o reţea cu curenţi mari de punere la pământ;
- protecţii specifice generatorului: protecţia diferenţială longitudinală proprie în cazul generatoarelor de mare putere, protecţie diferenţială transversală între spirele aceleeaşi faze, dacă generatorul are două bobinaje pe fază, protecţie rotorică, protecţia împotriva creşterilor de tensiune, protecţie împotriva pierderii excitaţiei, protecţia împotriva funcţionării ca motor a generatorului.

2. Particularităţile protecţiei maximele de curent.

La blocurile cu schema de conexiuni prezentată în figura 1.a, se prevede o singură protecţie maximală de curent comună pentru întregul bloc, racordată la transformatoarele de curent dinspre neutrul generatorului şi realizată ca la generatoare.

Protecţia se realizează cu două temporizări. Cu prima temporizare se comandă declanşarea întrerupătorului blocului, serviciile interne rămânând în continuare alimentate din generator, iar cu a doua temporizare se comandă, dacă defectul exterior nu a fost lichidat prin declanşarea întrerupătorului blocului, declanşarea generală a blocului (întrerupătorul blocului, întrerupătorul TSP şi ADR).

La schemele bloc cu transformator cu trei înfăşurări, având surse de alimentare pe toate tensiunile (figura 1b), se prevede câte o protecţie maximală de curent pe partea fiecărei tensiuni, cea de pe partea generatorului fiind montată spre neutrul generatorului.

Pentru asigurarea funcţionării selective a protecţiei, una dintre protecţii se direcţionează.

La blocurile formate din două generatoare şi un transformator cu două înfăşurări pe partea de joasă tensiune (figura 1c) se instalează protecţii maximale pe partea neutrului fiecărui generator.

La toate variantele de scheme, protecţiile dinspre neutrul generatorului se realizează de regulă cu FCSI (figura 2).

Protecţiile maximale instalate pe tensiuni care nu cuprind FCSI, se realizează cu blocaje de tensiune minimă alimentate de pe partea respectivă.

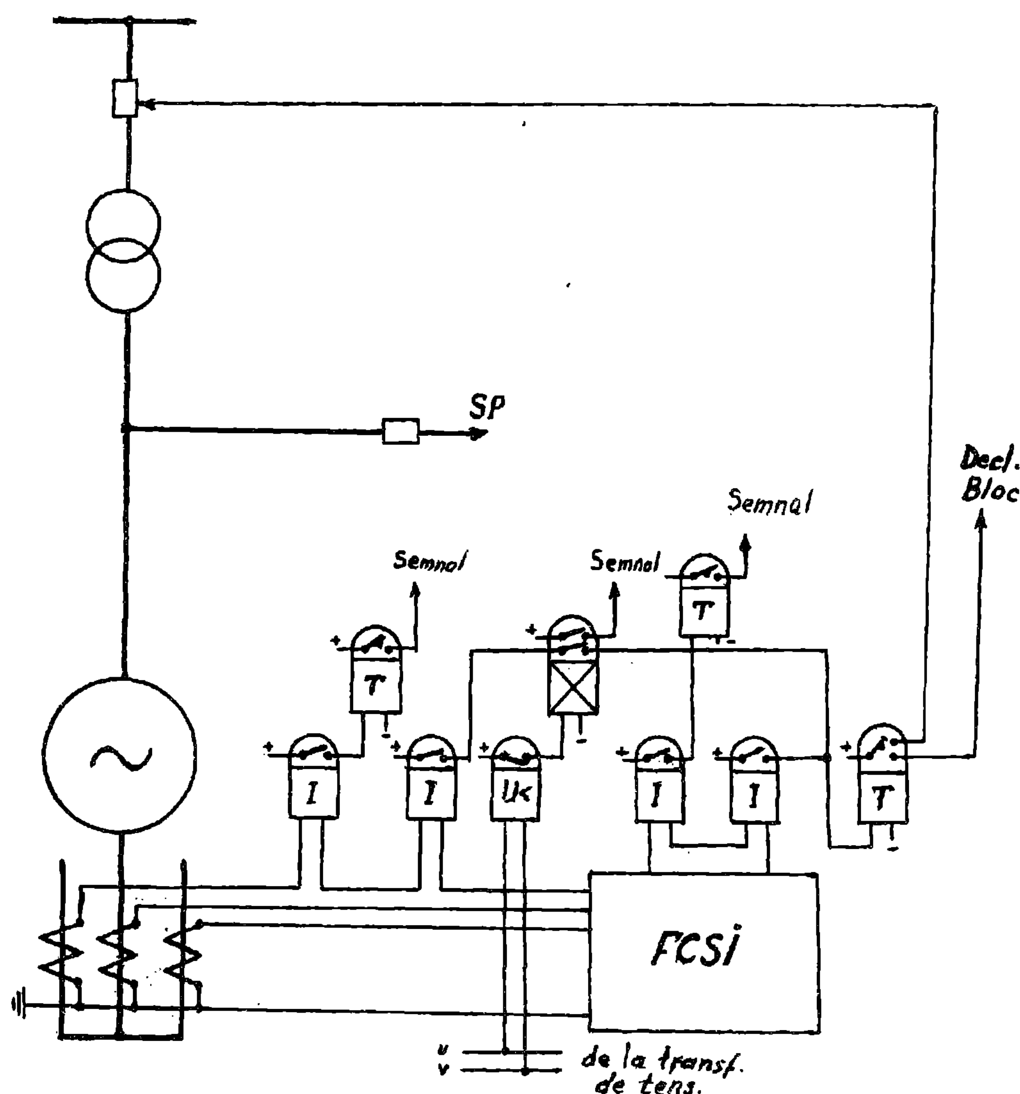
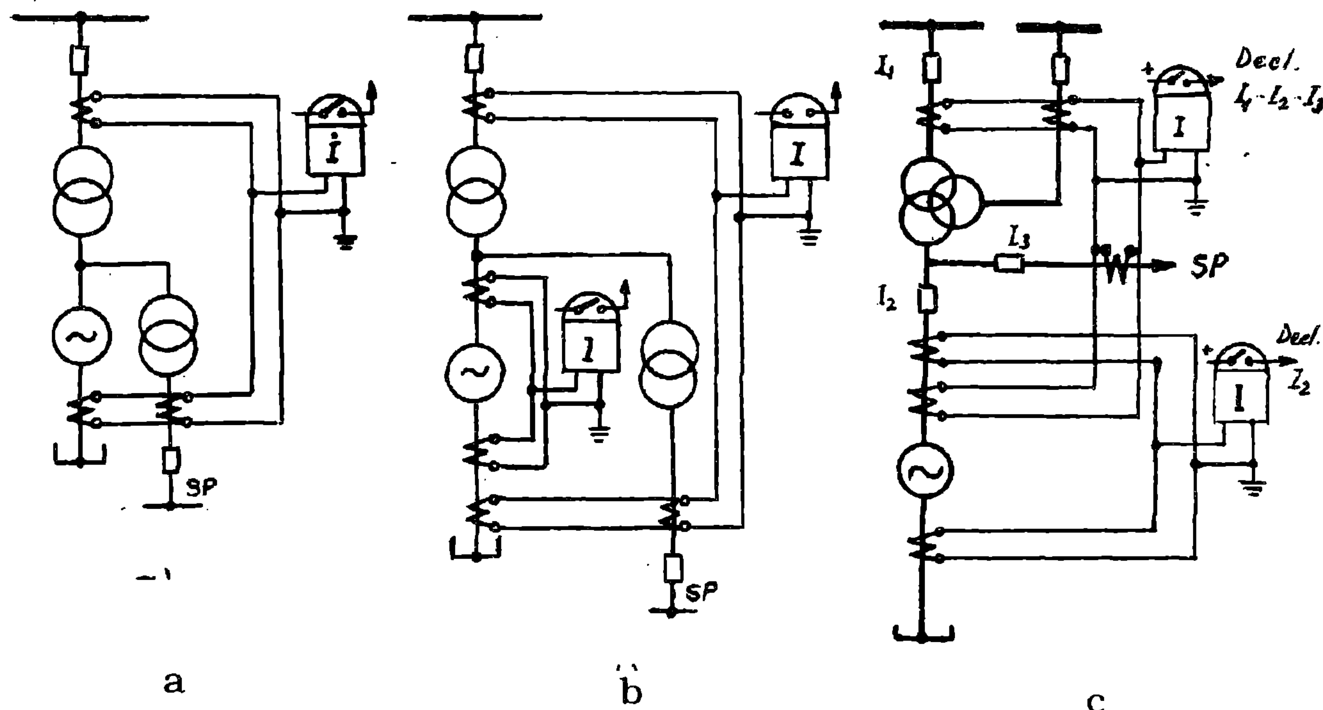


Figura 2

3. Particularitățile protecției diferențiale longitudinale.

Pentru schemele generator-transformator cu derivație spre servicii interne (fără întrerupător între generator și transformator) se realizează o protecție diferențială comună a blocului (figura 3a).



d

Figura 3

La generatoare de mare putere, pentru creșterea gradului de protecție a acestora, se prevede în afara protecției diferențiale longitudinale a blocului, o protecție de același fel proprie generatorului (figura 3b).

Ambele protecții diferențiale comandă declanșarea tuturor întrerupătoarelor și ADR. Pentru blocurile cu întrerupător între generator și transformator se prevăd protecții diferențiale separate ale generatorului și transformatorului (autotransformatorului), transformatoarele de curent fiind instalate astfel încât cele două protecții să se întrepătrundă (figura 3c) pentru a nu rămâne nici un punct neinclus în una din zone. Protecția generatorului comandă declanșarea întrerupătorului generatorului și ADR, serviciile proprii rămânând alimentate din rețea prin transformator; protecția diferențială a transformatorului (autotransformatorului) comandă declanșarea generală a elementelor blocului (toate întrerupătoarele și ADR).

La blocurile cu doua generatoare și un transformator, fiecare generator având întrerupător propriu, se prevede câte o protecție diferențială pentru fiecare generator, care comandă declanșarea întreurpătorului generatorului respectiv și ADR și o

protecţie diferenţială a transformatorului, care comandă declanşarea generală (figura 3d).

Realizarea şi calculul protecţiilor diferenţiale separate pentru generatoarele din cadrul blocurilor se efectuează ca la generatoare, iar pentru protecţie diferenţială a blocului şi pentru cea a transformatorului ca la transformatoare.

4. Particularităţile protecţiei împotriva punerilor la pământ monofazate pe partea generatorului.

Valorile curenţilor care apar la puneri la pământ monofazate în generator sau în bobinajul de joasă tensiune al transformatorului (elemente legate electric) depind de tratarea neutrului generatorului. Dacă generatorul funcţionează izolat faţă de pământ, curentul de punere la pământ monofazată este mic de regulă sub 5A, determinat de capacităţile în raport cu pământul ale bobinajelor statorice, ale înfăşurărilor transformatoarelor de bloc şi SP (legate electric), precum şi capacităţile dintre bobinajele transformatoarelor (de bloc şi SP); o situaţie analoagă rezultă şi în cazul când neutrul generatorului este legat la pământ printr-o rezistenţă mare rezultând curenţi de defect limitaţi la valori de cca 10 A.

Soluţia ce mai utilizată de realizare a protecţiei împotriva punerii la pământ, în cazul generatoarelor cu neutrul izolat, constă dintr-o protecţie maximală de tensiune de secvenţă homopolară (figura 4a).

Releul de tensiune se alimentează din secundarul triunghiului deschis al transformatorului de tensiune instalat la bornele generatorului.

La centrale cu hidrogeneratoare de putere peste 50 MW, pe lângă transformatoarele de tensiune de la borne cu secundarul stea-triunghi deschis, sunt prevăzute şi transformatoare de tensiune montate pe steaua generatorului; în secundarul acestor transformatoare de tensiune se conectează releul de tensiune, care în cele mai multe cazuri este de tipul F11 de fabricaţie cehoslovacă (figura 4b).

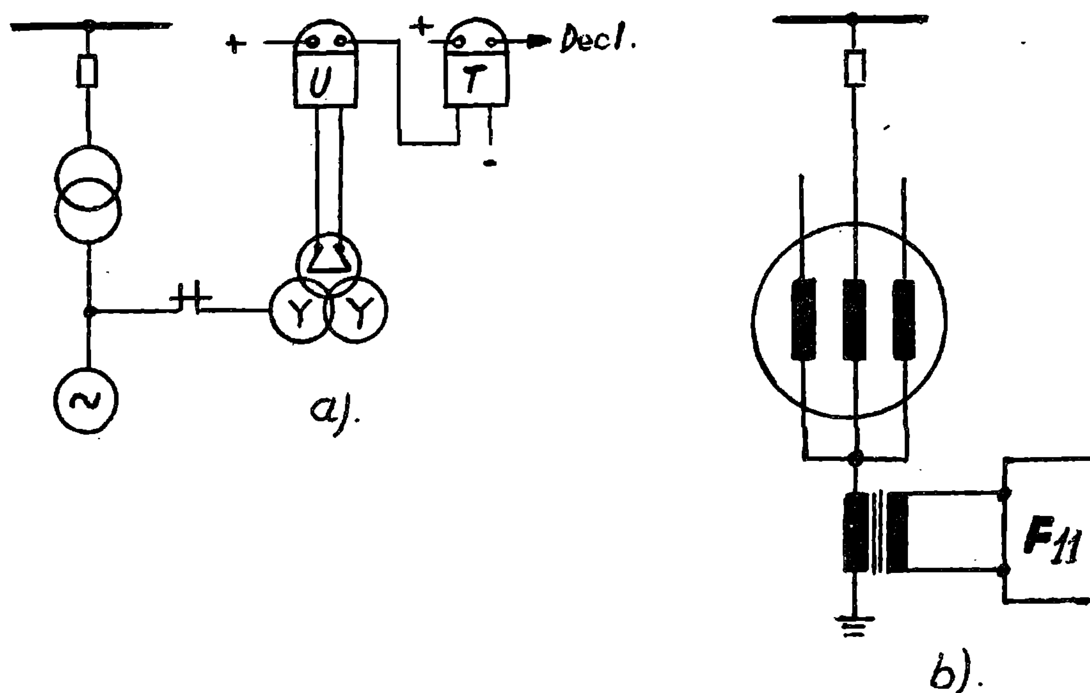


Figura 4

La generatoarele care nu au transformatoare de tensiune pe steaua generatorului, protecţia realizată cu releul F11 se conectează la triunghiul deschis al transformatorului de tensiune de la borne.

Protecţia acţionează cu o temporizare 0,5 - 1 s - declanşarea întrerupătorului, ADR şi oprirea turbinei. In cazul în care generatorul funcţionează cu neutrul legat la pământ printr-o rezistenţă mare, protecţia contra punerilor la pământ statorice se realizează cu un releu maximal de curent racordat, prin intermediul unui filtru de armonici, la transformatorul de curent montat pe legătura la pământ a neutrului (figura 5).

La apariţia unui defect monofazat în stator, protecţia comandă fără temporizare declanşarea blocului.



Figura 5

5. <u>Protecţia de impedanţă minimă.</u>

Această protecţie constituie o rezervă împotriva scurtcircuitelor din zona blocului generator-transformator (inclusiv transformatorul de servicii proprii) precum şi împotriva scurtcircuitelor exterioare din sistemul energetic.

Protecţia se realizează cu trei relee de impedanţă minimă alimentate cu curenţi de la transformatoarele de curent dinspre nulul generatorului şi cu tensiuni de la transformatoarele de tensiune montate la bornele generatorului; temporizarea protecţiei se face cu un releu de timp inclus în ansamblul protecţiei de impedanţă.

In cazul unui defect exterior, protecţia comandă cu o temporizare superioară cu o treaptă de timp faţă de temporizarea protecţiilor liniilor din staţia la care este racordat blocul, sau faţă de linia de legătură a blocului cu sistemul (pentru asigurarea selectivităţii faţă de protecţiile liniilor), declanşarea întrerupătorului blocului şi anclanşarea separatorului de nul.

La un defect în zona blocului, protecţia comandă, cu o temporizare suplimentară, oprirea generală a blocului (figura 6).



Figura 6

Prin utilizarea protecţiei de impedanţă, ca urmare a reglajului care se realizează, timpul de eliminare a defectelor exterioare neînlăturate de protecţiile elementelor pe care s-au produs acestea, sau defectele din zona neeliminate de protecţiile de bază, este mult mai redus faţă de cazul în care protecţia de rezervă ar fi realizată cu protecţii maximale de curent.

6. Protecţia de gaze.

Transformatoarele în cuvă de ulei cu conservator sunt prevăzute cu protecţie cu relee de gaze, care acţionează la defecte în interiorul cuvei, întrucât asemenea defecte sunt însoţite de degajarea de gaze ca urmare a descompunerii materialelor izolante sub acţiunea arcului electric.

Releul de gaze se montează pe conducta de legătură a cuvei cu conservatorul având o mică înclinare faţă de orizontală, pentru a uşura trecerea gazelor şi a uleiului în cazul defectelor.

In stadiul incipient al unor defecte în transformator are loc o degajare lentă de gaze, care se adună în partea superioară a releului de gaze provocând coborârea nivelului în releu. Ca urmare flotorul superior coboară odată cu uleiul şi prin închiderea contactelor sale transmite semnalizarea.

La defecte grave în transformator, degajarea de gaze este violentă, amestecul de gaze şi ulei trec cu viteză prin releu provocând schimbarea poziţiei flotorului inferior şi ca urmare, acesta îşi închide contactele comandând oprirea blocului (declanşarea întrerupătorului, ADR şi oprirea turbinei).

Intrucât închiderea contactelor de declanşare este produsă de trecerea turbulentă a amestecului gaze-ulei, continuitatea închiderii acestor contacte nu este asigurată şi de aceea releul intermediar al protecţiei este prevăzut cu autoreţinere sau cu

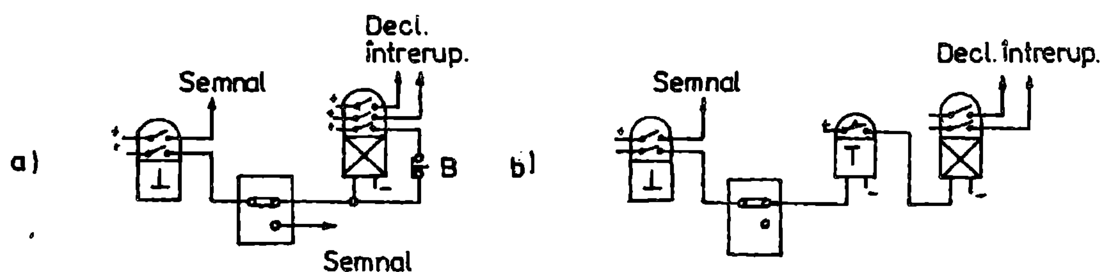


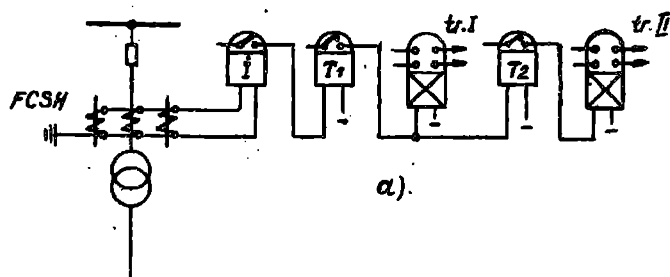
Figura 7

temporizare la deschidere (figura 7).

In cazul schemei cu autoreţinere, după constatarea acţionării protecţiei, se deblochează releul intermediar prin acţionarea pe butonul B.

7. Protecţia împotriva punerilor la pământ monofazate pe partea de înaltă tensiune a transformatorului.

Pentru transformatoarele conectate în reţele cu curenţi mari de punere la pământ, se prevede o protecţie maximală de curent de secventă homopolară dacă neutrul transformatorului este legat la pământ, iar dacă neutrul este deconectat de la pământ, se introduce automat în funcţiune protecţia maximală de tensiune homopolară.



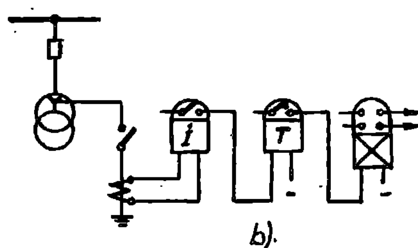


Figura 8

Protecţie maximală de curent de secvenţă homopolară se poate realiza în două variante:

- cu FCSH, montat pe partea dinspre reţeaua cu curenţi mari de punere la pământ (figura 8a);
- cu transformatorul de curent montat pe circuitul de legare la pământ al neutrului (figura 8b).

In ambele variante protecţia acţionează în două trepte:

- treapta I - cu o temporizare superioară cu o treaptă de timp faţă de cea mai mare dintre temporizările protecţiilor de secvenţă homopolară a liniilor racordate la barele de înaltă tensiune comandă deschiderea întrerupătoarelor pe partea de IT şi anclanşarea separatorului de nul;
- treapta II-a, cu o treaptă de timp superioară temporizării treptei I comandă deconectarea blocului (întrerupătorii transformatorului blocului şi transformatorului de SP, ADR, închidere separator de nul, oprirea turbinei).

Protecţia maximală de tensiune homopolară, se realizează cu un releu maximal de tensiune alimentat de triunghiul deschis al transformatorului de tensiune de pe barele de înaltă tensiune.

Protecţia acţionează în mod similar cu protecţia maximală de curent homopolar (figura 9).

Impotriva defectelor însoţite cu puneri la pământ în interiorul cuvei transformatoarelor conectate în reţele cu curenţi mari de punere la pământ se mai utilizează o protecţie montată pe circuitul de legare la pământ a cuvei denumită şi protecţie Chevalier.

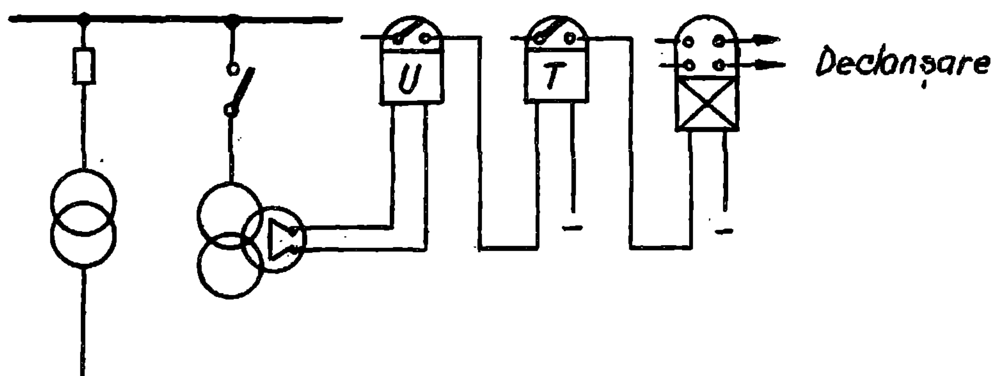


Figura 9

Principiul de funcţionare al protecţiei se bazează pe faptul că dacă cuva este izolată faţă de pământ şi alte construcţii în contact cu pământul, având o singură legătură la pământ pe care se montează un transformator de curent (figura 10), în funcţionare normală prin această legătură va circula un curent capacitiv foarte redus; la defecte însoţite de puneri la pământ în interiorul cuvei, pe partea de înaltă tensiune, prin transformatorul de curent va circula curent de scurtcircuit monofazat, care determină acţionarea protecţiei.

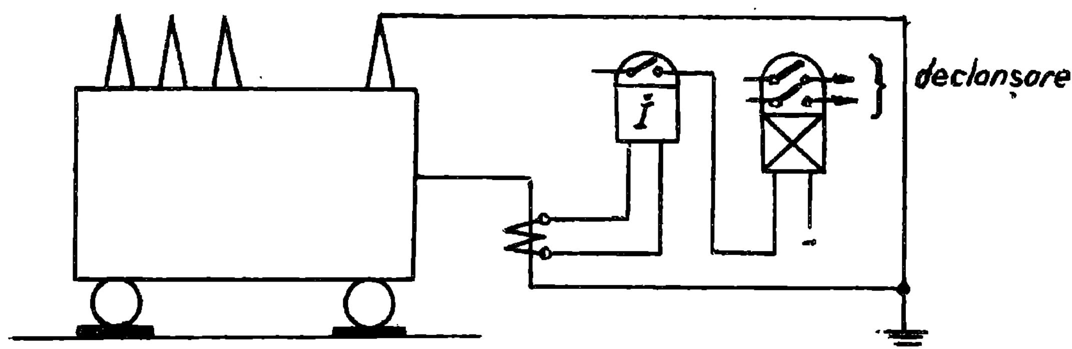


Figura 10

Această protecţie este prevăzută facultativ pentru transformatoare cu tensiune înaltă de 110 kV şi obligatorie pentru transformatoare cu tensiune înaltă mai mare de 110 kV.

Protecţiile specifice generatoarelor sunt prezentate în lucrarea "Protecţia generatoarelor sincrone" - AMpt4 - 1/1994 şi în lucrarea "Protecţia hidrogeneratoarelor" - Eph3 - 4/1995.

8. <u>Coordonarea protecţiilor elementelor electrice cu protecţiile tehnologice</u>.

In centralele termoelectrice prevăzute cu grupuri unitare de mare putere, sistemul de funcţionare în bloc se extinde şi la elementele de pe partea termomecanică, formând astfel blocuri cazan-turbină-generator-transformator-servicii proprii, care debitează energie în sistem.

La asemenea unităţi protecţiile elementelor componente trebuie să fie coordonate.

Sistemul de protecţii coordonate prevăzute pentru elementele de pe partea electrică şi termomecanică trebuie să îndeplinească funcţii complexe:

- sesizarea defectelor şi a regimurilor anormale;
- stabilirea necesităţii deconectării de la sistem;
- aprecierea opririi generale a blocului (cazan-turbină-generator) sau dacă defectul poate fi localizat rapid, menţinerea în funcţiune a elementelor termomecanice pentru reconectarea la sistem. Ca urmare în schema de protecţie a blocului intervin comenzi de la protecţiile tehnologice, care deconectează generatorul de la sistem, precum şi transmiterea de comenzi către instalaţiile de protecţie a elementelor termomecanice (cazan-turbină) pentru descărcare de sarcină sau deconectare, funcţie de natura defectului.

Coordonarea protecţiilor blocului poate fi ilustrată prin faptul că unele protecţii

ale elementelor electrice (cum sunt protecţiile diferenţiale, protecţiile de gaze ale transformatoarelor, protecţiile împotriva punerii la pământ statorice) comandă oprirea turbinei, iar unele protecţii ale elementelor mecanice (protecţiile tehnologice care comandă închiderea VIR turbină) comandă şi oprirea generatorului (figura 11 a,b).

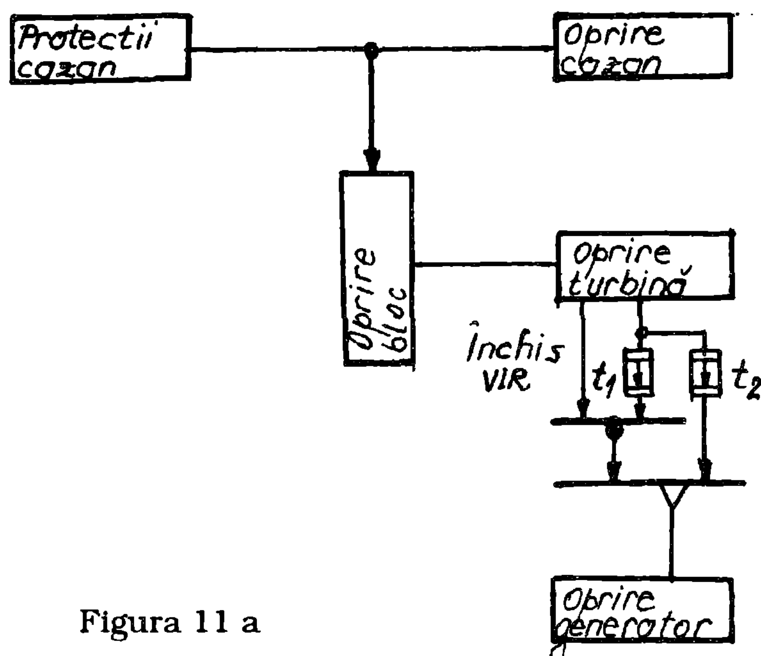


Figura 11 a

Această funcţionare coordonată a protecţiilor blocului, prin separarea selectivă a elementelor componente funcţie de natura defectelor, are ca rezultat reducerea la minimum a urmărilor defectelor şi asigurarea operativităţii la restabilirea funcţionării blocului.

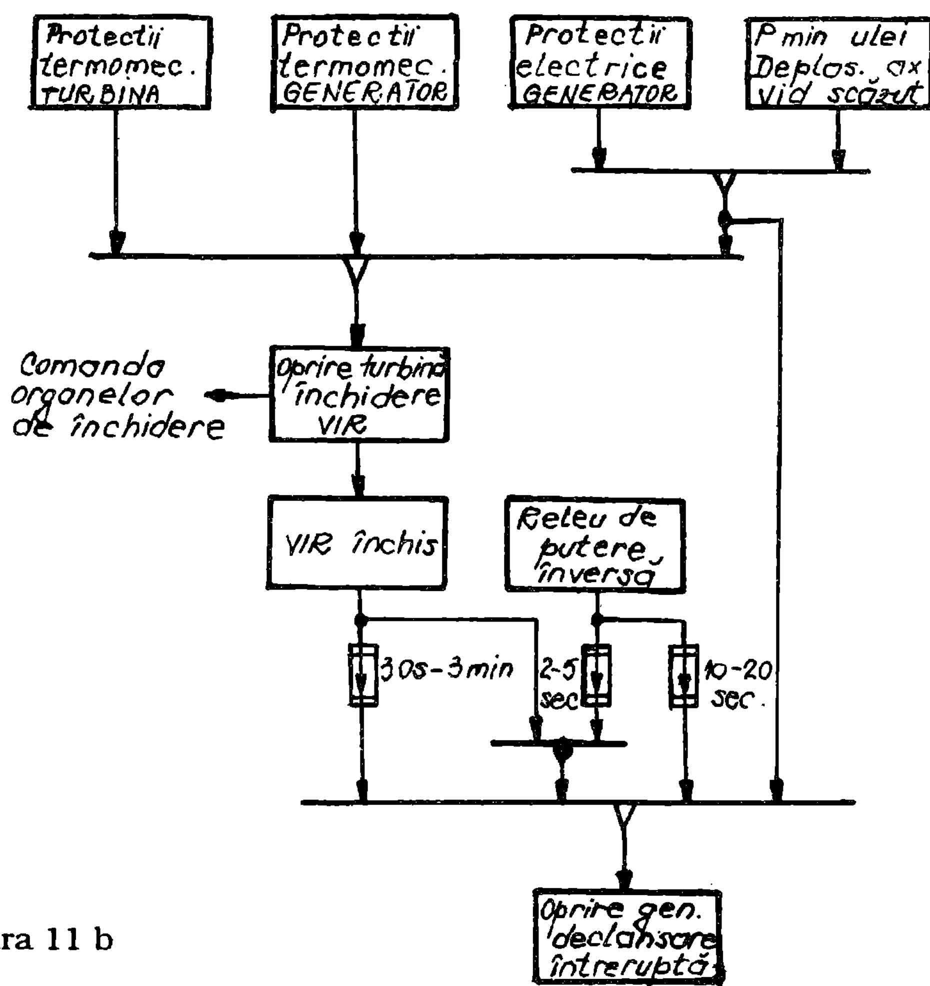


Figura 11 b

9. <u>Schema generală de protecţie a unui bloc.</u>

In figura 12 se prezintă schema bloc a protecţiilor prevăzute pentru un bloc generator-transformator de mare putere fără întrerupător pe partea generatorului şi pe derivaţia transformatorului de servicii proprii.

Intrucât transformatorul de SP se racordează direct la barele generatorului (fără întrerupător) în schema de protecţie a blocului intervin şi protecţiile transformatorului de servicii proprii.

SCHEMA BLOC A PROTECTIILOR PRIN RELEE A BLOCULUI GENERATOR - TRANSFORMATOR 330 MW

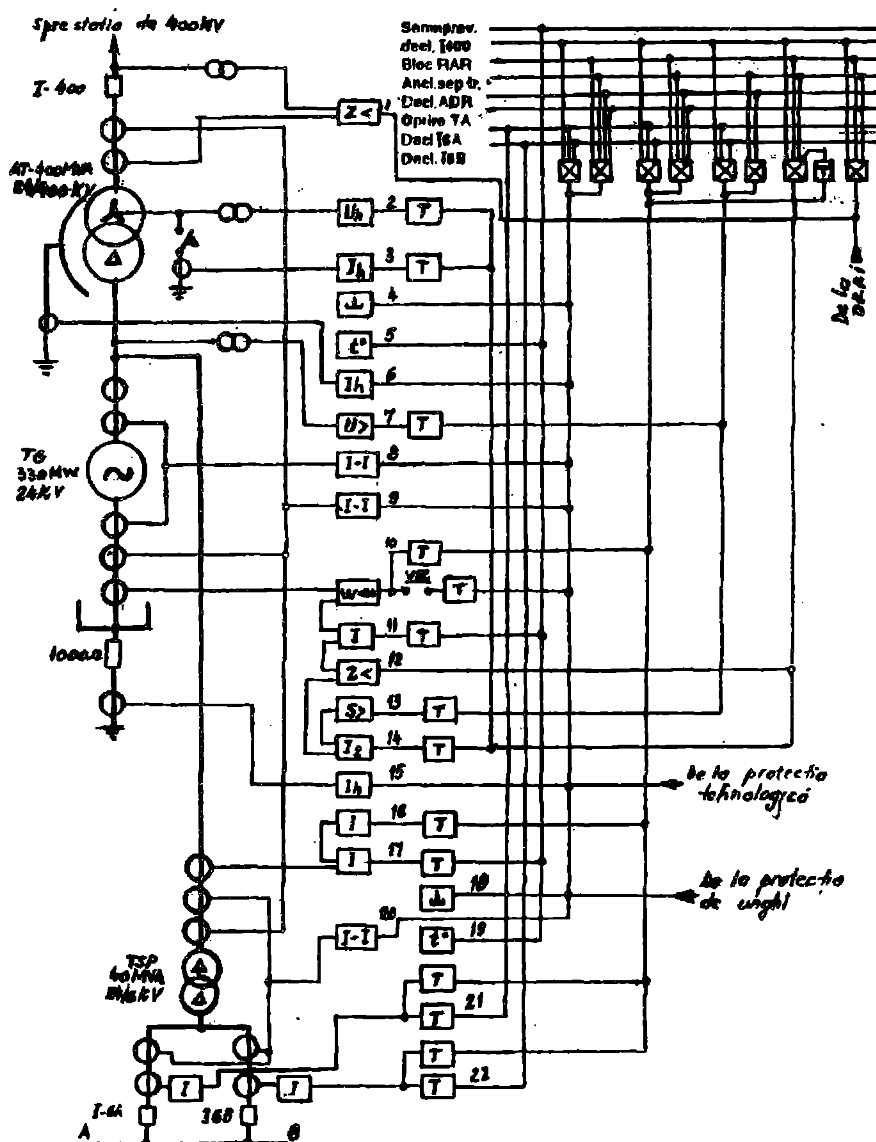


Figura 12

1. protecţie de impedanţă minimă L 400 kV;
2. protecţie de curent homopolar;
3. protecţie de tensiune homopolară;
4. protecţie de gaze AT - 400 MVA;
5. protecţie de temperatură AT - 400 MVA;
6. protecţie de cuvă AT - 400 MVA;
7. protecţie de tensiune maximă;
8. protecţia diferenţială a generatorului;
9. protecţia diferenţială a blocului generator - transformator;
10. protecţia împotriva întoarcerii de putere;
11. protecţie supra-sarcină bloc generator-transformator;
12. protecţie de impedanţă minimă;
13. protecţie contra ruperii câmpului;
14. protecţie împotriva defectelor nesimetrice;
15. protecţie împotriva punerii la pământ statorice;
16. protecţie maximală de curent a transformatorului de servicii proprii (TSP);
17. protecţie împotriva supra-sarcinii TSP;
18. protecţie de gaze a TSP;
19. protecţie de temperatură a TSP;
20. protecţia diferenţială a TSP;
21. protecţia maximală de curent a TSP - Secţia A în două trepte;
22. protecţia maximală de curent a TSP - Secţia B în două trepte.

Bibliografie

Buhuş P şi colectiv	Partea electrică a centralelor electrice, Editura Didactică şi Pedagogică, Bucureşti 1983.
Fransua Al şi colectiv	Maşini electrice uzuale, exploatarea şi regimuri de funcţionare, Editura Tehnică, Bucureşti 1973.
Sergiu Călin	Protecţie prin relee a sistemelor electrice, Editura Tehnică, Bucureşti 1975.
MEE	PE 501/85 Normativ pentru instalaţiile de protecţie prin relee şi automatizări.

Verificat : dr. ing. T. Popa.